

VILA REAL · 25 a 29 Março 2018



# XIV CGPLP

Congresso de Geoquímica dos  
Países de Língua Portuguesa  
XIX Semana de Geoquímica

**Livro de Atas**

## **Geoquímica de Minerais Portadores de Urânio da Mina de Picoto, Centro de Portugal**

### ***Geochemistry of Uranium-bearing Minerals from the Picoto Mine, Central Portugal***

**Teixeira, R. J. S.<sup>1\*</sup>, Antunes, I. M. H. R.<sup>2</sup>, Neiva, A. M. R.<sup>3</sup>, Santos, A. C. T.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal; CEMMPRE \*rteixeir@utad.pt

<sup>2</sup> Instituto Ciências da Terra (ICT), Pólo da Universidade do Minho, Braga, Portugal; CERENA

<sup>3</sup> Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Portugal; GEOBIOTEC

#### **Resumo**

A mina de urânio de Picoto localiza-se nas imediações de Vilar Seco (Viseu, Centro de Portugal). A mineralização ocorre principalmente num sistema de filões de quartzo leitoso e fumado, brechóide, que preenche fraturas e falhas com direção N37°-45°E e N50°-70°E e, mais raramente, N5°-20°E, cortando um granito varisco de grão médio a grosseiro, porfiroide, biotítico>moscovítico. Este sistema de filões é mineralizado com metatorbernite e uranófono, mas também contém outros minerais portadores de urânio, como a moscovite, clorite e hidróxidos de Fe, de Fe e Ti e de Mn. Nas áreas adjacentes às fraturas e falhas, o granito foi afetado por processos de alteração hidrotermal, sofrendo um intenso metasomatismo alcalino, lixiviação de quartzo e importantes transformações na mineralogia primária, sendo designado de episienito. No episienito, a microclina apresenta-se turva e fortemente enrubescida devido à presença de pequenas inclusões de óxidos e hidróxidos de Fe ao longo de microfraturas e poros. O granito também se encontra meteorizado, com evidências de caulínização do feldspato e oxidação da biotite. Em ambas as rochas alteradas ocorre, de forma disseminada em microfraturas e espaços intergranulares, metatorbernite, de idêntica composição, e hidróxidos de Fe. A metatorbernite dos filões de quartzo é mais rica em arsénio (atingindo 0,41% de As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) do que a metatorbernite do episienito e do granito meteorizado.

Palavras-chave: metatorbernite, uranófono, urânio, adsorção, Portugal.

#### **Abstract**

The Picoto uranium mine area is located close to Vilar Seco village (Viseu, central Portugal). The mineralization occurs mainly in a brecciated, milky and smoky quartz vein system, filling N37°-45°E, N50°-70°E and, rarely, N5°-20°E trending fractures and faults, which intersect a Variscan medium- to coarse-grained porphyritic biotite>moscovite granite. The quartz vein system is mineralized with metatorbernite and uranophane, and some other U-bearing minerals, such as muscovite, chlorite and Fe-, Ti- and Fe- and Mn-hydroxides. Adjacent to those trending fractures and faults, there are reddish altered rocks, commonly known as "episyenites", which resulted from hydrothermal alteration processes, involving alkali metasomatism, quartz dissolution and transformation of primary minerals. In the episyenites, the microcline is very turbid and heavily stained due to the presence of very fine-grained dispersed Fe-oxides and hydroxides. The granite is also meteoric weathered, showing strong evidences of feldspar kaolinization and biotite oxidation. In both altered rocks, there are disseminated metatorbernite, of similar chemical composition, and Fe-hydroxides filling along microfractures and spaces between grain boundaries. The metatorbernite from quartz veins is richer in arsenic (reaching 0.41 wt. % As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) than that from the episyenite and meteoric weathered granite.

Keywords: metatorbernite, uranophane, uranium, adsorption, Portugal.

## Introdução

A antiga mina de Picoto localiza-se nas imediações de Vilar Seco, a sudeste de Viseu, na região central de Portugal (Fig. 1). Numa primeira fase, entre 1917 e 1921, a exploração da mina processou-se a céu aberto, dado que a mineralização se encontrava essencialmente dispersa à superfície, tendo como objetivo a obtenção de rádio. Posteriormente, entre 1950 e 1953, foram realizados trabalhos subterrâneos, a uma profundidade máxima de cerca de 50 m, para a exploração de urânio (EDM, 2007).

Neste trabalho apresentam-se dados geoquímicos sobre minerais portadores de urânio (zircão, moscovite, metatorbernite, uranófono, rútilo, hidróxidos de Fe, de Ti e Fe e de Mn), explicando-se a sua génese.

## Enquadramento geológico

A área mineira de Picoto situa-se na Zona Centro Ibérica, caracterizando-se pela ocorrência de abundantes batólitos graníticos que intruíram, durante a última fase de deformação dúctil da orogenia varisca (tardi- a pós-D<sub>3</sub>), metassedimentos precâmbrios a câmbrios do Grupo das Beiras (Oliveira et al., 1992) (Fig. 1).

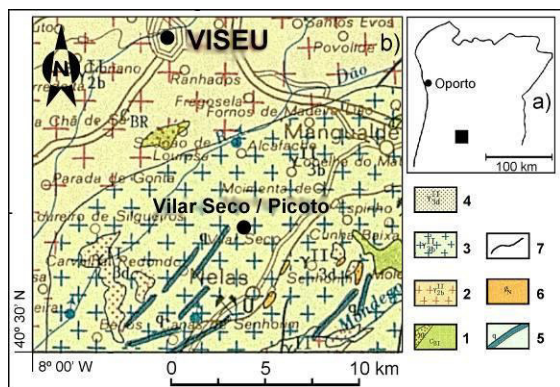


Fig. 1 – a) Localização da região de Picoto no mapa de Portugal; b) Excerto da carta geológica de Portugal, à escala 1:500 000, abrangendo a região de Picoto (Oliveira et al., 1992). 1- Metassedimentos do Grupo das Beiras, de idade precâmbria a câmbria, 2- Granito varisco de grão grosso, porfiróide, biotítico, 3- Granito varisco de grão médio a grosso, porfiróide, biotítico>moscovítico, 4- Granito varisco de grão médio, moscovítico>biotítico, 5- Filões de quartzo, 6- Arcoses terciárias, 7- Contacto geológico.

O granito de grão médio a grosso, porfiróide, biotítico>moscovítico, que aflora na região da mina de Picoto, tem cerca de 300-295 Ma (Azevedo et al., 2005), é peraluminoso e contém em média 9-17 ppm de U, distribuído em minerais como a uraninite, zircão e monazite (Cotelo Neiva, 2003).

Este granito é cortado por um sistema de filões de quartzo leitoso e fumado, brechóide, preenchendo principalmente fraturas e falhas com direção N37°-45°E e N50°-70°E e, mais raramente, N5°-20°E, que intersectam estruturas regionais mais antigas com direção NW-SW (Cotelo Neiva, 2003). O sistema de filões de quartzo tem cerca de 950 m de comprimento e 5 a 10 m de espessura, sendo essencialmente mineralizado com metatorbernite e uranófono (Fig. 2), mas também ocorrem outros minerais portadores de urânio, como a moscovite, clorite e hidróxidos de Fe, de Fe e Ti e de Mn (Teixeira et al., 2010).



Fig. 2 – Amostra de quartzo fumado da mina de Picoto, mineralizado com metatorbernite (verde esmeralda) e uranófono (amarelo limão).

Nas áreas adjacentes às fraturas e falhas, o granito apresenta-se alterado, com enrubescimento do feldspato potássico, designando-se de episienito. Devido à fraturação generalizada e intensa deformação frágil, o granito também se encontra meteorizado, com evidências de caulínização do feldspato potássico e oxidação da biotite. Localmente, no episienito e no granito meteorizado ocorrem metatorbernite e hidróxidos de Fe disseminados, preenchendo microfraturas e cavidades.



## Petrografia

### **Granito e rochas resultantes da sua alteração**

O granito é constituído por quartzo (26-32 %), microclina (25-35 %), plagioclase (An<sub>1-28</sub>) (25-33 %), biotite (4-6 %) e moscovite (2-5 %) (Azevedo et al., 2005). Apresenta textura hipidiomórfica porfiróide, com fenocristais de microclina. Nas micas há inclusões de zircão, monazite, apatite, ilmenite e de rara uraninite (Cotelo Neiva, 2003). Os processos de alteração conduziram à cloritização da biotite e à moscovitização da plagioclase.

A textura do episenito e do granito meteorizado é semelhante à do granito, embora seja evidente uma maior deformação no estado frágil.

No episenito, a microclina apresenta-se turva e fortemente enrubescida devido à presença de pequenas inclusões de óxidos e hidróxidos de Fe ao longo de microfraturas e poros. Da lixiviação do quartzo resultaram algumas cavidades. Distinguem-se duas fases de alteração: uma fase inicial com plagioclase ligeiramente moscovitizada, seguida de uma fase em que a plagioclase tem uma coloração esverdeada, encontrando-se completamente moscovitizada e saussuritizada. A alteração da biotite gerou clorite e agregados de hidróxidos de Ti e Fe (leucoxena) e rútilo. Associados à clorite e à plagioclase alterada ocorrem ainda epídoto e clinozoizite. Nos episenitos mais alterados, a clorite é substituída por moscovite. A ilmenite está alterada para hidróxidos de Ti e Fe. Nas microfraturas, cavidades e poros ocorre frequentemente albite hidrotermal, moscovite secundária, hidróxidos de Fe, pseudomorfoses de limonite após pirite e agregados de metatorbernite.

No granito meteorizado a microclina encontra-se caulinizada, mas não contém óxidos nem hidróxidos de Fe. A plagioclase e biotite estão moscovitizadas e, geralmente, associadas a epídoto. As fraturas tardias podem estar preenchidas com moscovite secundária, turmalina brechóide, agregados de rútilo e cristais tabulares de metatorbernite.

### **Filões de quartzo mineralizados**

Os filões de quartzo mineralizados têm uma textura brechóide, contendo fragmentos angulosos de episenito, hidróxidos de Fe, de Ti e Fe e de Mn, pirite, metatorbernite e uranófanio (Fig. 3). Os fragmentos de episenito são cortados por filonetes de quartzo. Os hidróxidos de Fe, de Ti e Fe e de Mn preenchem geralmente microfraturas e rodeiam outros minerais. A pirite, pseudomorfoses de limonite após pirite e agregados de metatorbernite e uranófanio ocorrem em espaços intergranulares (Fig. 3), poros e cavidades, que contêm fragmentos angulosos de quartzo e óxidos de Fe, geralmente alterados para os hidróxidos de Fe.

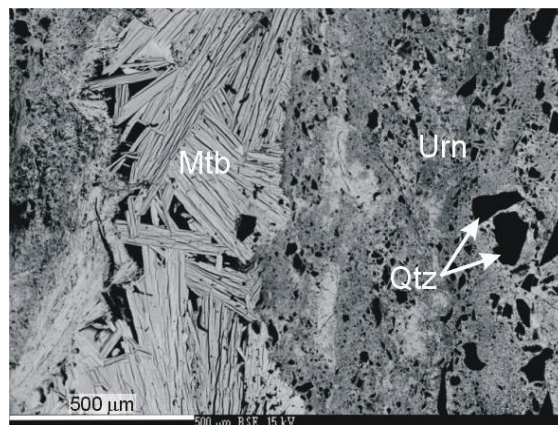


Fig. 3 – Imagem de contraste de número atômico do filão de quartzo da mina de Picoto, evidenciando a textura em feixes da metatorbernite (Mtb) e a fina granulometria do uranófanio (Urn). Qtz- Fragmentos angulosos de quartzo.

### **Geoquímica mineral**

Os núcleos herdados de zircão do granito meteorizado têm, em média, 0,43 % de UO<sub>2</sub>. A moscovite, aparentemente primária, do episenito tem um teor de MgO superior ao da moscovite dos filões de quartzo, embora a última contenha, em média, 1,52 % UO<sub>2</sub>. A clorite dos filões de quartzo apresenta uma razão de Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup> + Mg) muito elevada (0,96), contendo 4,66 % de CuO e 0,94 % de UO<sub>2</sub>. De acordo com Krawczyk-Bärsch et al. (2004), o U encontrado na moscovite e clorite deve-se à sua adsorção a pequenas inclusões de oxi-hidróxidos de Fe, que fornecem uma superfície adicional para a complexação com o U.

A composição química da metatorbernite é idêntica no episienito e no granito meteorizado:  $(\text{Cu}_{0.87}\text{Pb}_{0.01})_{\Sigma 0.88}(\text{UO}_2)_{1.91}[(\text{PO}_4)_{1.99}(\text{SiO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.00} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Contudo, a metatorbernite dos filões de quartzo tem 0,41 % de  $\text{As}_2\text{O}_5$ :  $(\text{Cu}_{0.80}\text{Ca}_{0.03}\text{Pb}_{0.01})_{\Sigma 0.84}(\text{UO}_2)_{1.89}[(\text{PO}_4)_{1.95}(\text{AsO}_4)_{0.03}(\text{SiO}_4)_{0.02}]_{\Sigma 2.00} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . O uranófono tem, em média, 63,58 % de  $\text{UO}_3$ , baixos conteúdos de  $\text{As}_2\text{O}_5$  (0,13 %) e a seguinte fórmula estrutural:  $\text{Ca}_{0.97}\text{Pb}_{0.01})_{\Sigma 0.98}(\text{UO}_2)_{1.77}[(\text{SiO}_3\text{OH})_{1.93}(\text{PO}_4)_{0.06}(\text{AsO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.00} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

No granito meteorizado, os agregados de rútilo euédrico apresentam um conteúdo muito baixo de  $\text{UO}_2$ . Os hidróxidos de Fe exibem, geralmente, um padrão de alteração zonado, em que os núcleos dos cristais/cristais menos alterados têm teores de  $\text{UO}_2$  (0,27%) inferiores aos bordos dos cristais/cristais mais alterados (0,40%). Além disso, os núcleos dos cristais/cristais menos alterados são mais ricos em  $\text{FeO}$  e  $\text{SiO}_2$  e mais pobres em  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{As}_2\text{O}_5$  do que os cristais/bordos de cristais mais alterados. Nos hidróxidos de Ti e Fe e de Mn, os teores médios de  $\text{UO}_2$  são 0,26 % e 0,61 %, respetivamente. Os elevados teores de  $\text{UO}_2$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  nos hidróxidos podem ser devidos a nanoinclusões de fosfatos de urânio (e. g. Cabral Pinto et al., 2008).

## Discussão e conclusões

A ocorrência de minerais secundários de urânio na mina Picoto pode ser explicada pela exposição do granito de grão médio a grosseiro, porfiróide, biotítico>moscovítico, a condições oxidantes durante a sua cristalização. Com efeito, os fluidos hidrotermais ácidos de baixa temperatura e a água meteórica terão dissolvido minerais primários portadores de urânio, como uraninite, transportado o ião uranilo ao longo de fraturas e falhas. Modificações subsequentes, nas condições físico-químicas das soluções hidrotermais, promoveram a sua precipitação sob a forma de minerais epitermais, como oxihidróxidos, silicatos e fosfatos (Cotelo Neiva, 2003).

Devido aos processos de alteração hidrotermal, o granito foi sujeito a um

intenso metasomatismo alcalino, que promoveu a lixiviação hidrotermal de quartzo e importantes transformações na sua mineralogia primária, originando-se episienitos, tal como foi descrito por Cotelo Neiva (2003) e Jaques et al. (2010) em áreas geológicas semelhantes. De acordo com Cuney et al. (2012), estas rochas estão geralmente associadas a áreas enriquecidas em urânio e tório.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à EDM a informação cedida relativa à área mineira de Picoto. Este trabalho teve o apoio financeiro do ICT e do projeto UID/GEO/04035/2013.

## Referências

- Azevedo, M. R., Valle Aguado B., Nolan J., Martins, M., Medina J., 2005. Origin and emplacement of syn-orogenic Variscan granitoids in Iberia the Beiras massif. *Journal of the Virtual Explorer*, Electronic Edition 19 (7), 1–18.
- Cabral Pinto, M.M.S., Silva, M.M.V.G., Neiva, A.M.R., 2008. Geochemistry of U-bearing minerals from the Vale de Abrutiga uranium mine area, Central Portugal *Neues Jahrbuch für Mineralogie - Abhandlungen* 185/2, 183–198.
- Cotelo Neiva, J.M., 2003. Jazigos portugueses de minérios de urânio e sua génese. In M.R.P.V. Ferreira (Ed.), *Engineering Geology and Geological Resources, Book in honour to Prof. J. M. Cotelo Neiva*. Coimbra University Press 1, pp. 15–76, (written in Portuguese).
- Cuney, M., Emetz, A., Mercadier, J., Mykchaylov, V., Shunko, W., Yuslenko, A., 2012. Uranium deposits associated with Na-metasomatism from central Ukraine: A review of some of the major deposits and genetic constraints. *Ore Geology Reviews*, 44, 82–106.
- EDM, 2007. *Mina do Picoto – Relatório Interno*.
- Jaques, L., Bobos, I., Noronha, F., 2010. Study of fluids related to hydrothermal alteration of biotite granites from Gerês and Guarda (Portugal). *Comunicações Geológicas*, 97, 81–98.
- Krawczyk-Bärsch, E., Arnold, T., Reuther, H., Brandt, F., Bosbach, D., Bernhard, G., 2004. Formation of secondary Fe oxyhydroxide phases during the dissolution of chlorite - effects on uranium sorption. *Applied Geochemistry* 19, 1403–1412.
- Oliveira, J.T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M.T., Monteiro, J.H. (Coords.), 1992. *Geological map of Portugal*, in the scale 1/500 000 (5th Ed.). Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Teixeira, R., Antunes, I.M., Neiva, A.M.R., 2010. Uranium minerals from the Picoto uranium mine area, central Portugal. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74 (12, Supplement, Goldschmidt Conference Abstracts), A1034.

**TÍTULO:**

Livro de Atas do XIV Congresso de Geoquímica dos Países de  
Língua Portuguesa | XIX Semana de Geoquímica

**SÉRIE:** Única

**EDITORES:** Alcino Oliveira, Anabela Reis, Fernando Pacheco,  
José Lourenço, Maria Costa, Maria Gomes, Rui Teixeira

**AUTORES:** Vários

**DATA:** Março de 2018

**PROPRIEDADE:** Departamento de Geologia, Escola de  
Ciências da Vida e do Ambiente, Universidade de  
Trás-os-Montes e Alto Douro

**ISBN:** 978-989-704-269-0 - Eletrónico/PDF